

(12) NACH DEM VERG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAM ARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
29. März 2001 (29.03.2001)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 01/22625 A1

(51) Internationale Patentklassifikation: H04B 10/18

SCHEERER, Christian [DE/DE]; Ringstr. 4, D-81375 München (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE00/03256

(74) Gemeinsamer Vertreter: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT; Postfach 22 16 34, D-80506 München (DE).

(22) Internationales Anmeldedatum:
19. September 2000 (19.09.2000)

(81) Bestimmungsstaaten (national): CA, JP, US.

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
199 45 143.5 21. September 1999 (21.09.1999) DE

Veröffentlicht:
— Mit internationalem Recherchenbericht.
— Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen.

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, D-80333 München (DE).

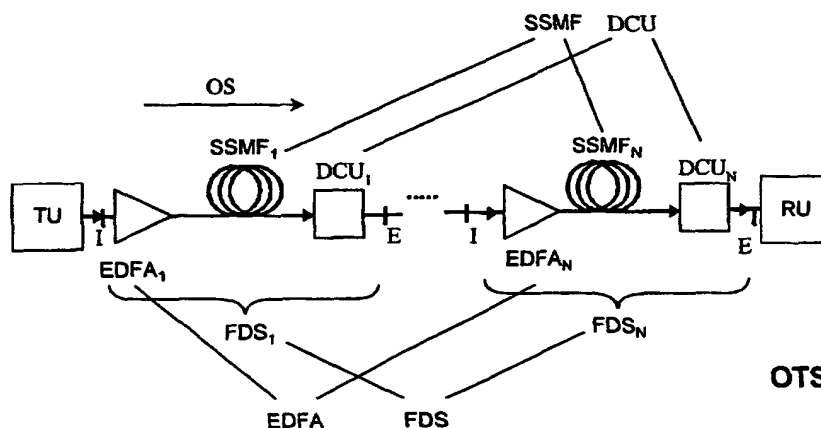
Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes, und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): FÄRBERT, Andreas [DE/DE]; Solalindenstrasse 58, D-81827 München (DE).

(54) Title: OPTICAL TRANSMISSION SYSTEM WITH DISPERSION COMPENSATION UNITS

(54) Bezeichnung: OPTISCHES ÜBERTRAGUNGSSYSTEM MIT DISPERSIONSKOMPENSATIONSEINHEITEN



(57) Abstract: The invention comprises an optical transmission system (OTS) consisting of several lengths of optical fibre (FDS) each with one optical fibre (SSMF) and a dispersion compensation unit (DCF). The dispersion compensation units (DCF) compensate for the fibre dispersion (d) in each fibre length (FDS₁ to FDS_N) in such a way that the remaining residual dispersion (D_{rest}) per compensated fibre length (FDS₁ to FDS_N) approximates in each case to the same dispersion sum (ΔD).

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein optisches Übertragungssystem (OTS) bestehend aus mehreren optischen Faserstreckenabschnitten (FDS) mit jeweils einer optischen Faser (SSMF) und einer Dispersionskompensationseinheit (DCF), bei dem Dispersionskompensationseinheiten (DCF) vorgesehen sind, die die Faserdispersion (d) von mehreren Faserstreckenabschnitten (FDS₁ bis FDS_N) derart kompensieren, dass die verbleibende Rest-Dispersion (D_{rest}) pro kompensierten Faserstreckenabschnitt (FDS₁ bis FDS_N) zumindest nahezu gleichmässig um jeweils denselben Dispersionsbetrag (ΔD) ansteigt.

WO 01/22625 A1



.

.

.

.

Beschreibung

OPTISCHES ÜBERTRAGUNGSSYSTEM MIT DISPERSIONSKOMPENSATIONSEINHEITEN

- 5 Die Erfindung betrifft ein optisches Übertragungssystem bestehend aus mehreren optischen Faserstreckenabschnitten mit jeweils einer optischen Faser und einer Dispersionskompensationseinheit.
- 10 Bei allen optischen Übertragungssystemen mit hohen Datendurchsatzraten, so auch bei nach dem WDM-Prinzip (Wavelength Division Multiplexing) arbeitenden Übertragungssystemen, werden durch die bei der Übertragung von optischen Signalen über optische Fasern auftretende chromatische Dispersion und die
- 15 Selbstphasenmodulation (SPM) Verzerrungen in dem zu übertragenden, optischen Datensignal hervorgerufen - siehe hierzu Grau und Freude: "Optische Nachrichtentechnik - Eine Einführung", Springer-Verlag, 3. Auflage, 1991, S.120-126.
- 20 Derartige Verzerrungen des zu übertragenden, optischen Datensignals sind unter anderem abhängig von der Eingangsleistung des optischen Datensignals. Desweiteren wird durch derartige Verzerrungen die regenerationsfreie Übertragungsreichweite eines optischen Übertragungssystems bestimmt, d.h. die optische Übertragungsstrecke über die ein optisches Datensignal
- 25 übertragen werden kann, ohne daß eine Regeneration bzw. "3R-Regeneration" (elektronische Datenregeneration hinsichtlich der Amplitude, Flanke und des Taktes eines optisch übermittelten, digitalen Datensignals bzw. Datenstromes) durchgeführt werden muß.
- 30
- Um derartige Verzerrungen des optischen Datensignals zu kompensieren, werden bei der Übertragung von optischen Signalen über optische Standard-Monomodenfasern geeignete Dispersions-
- 35 kompensationsseinheiten vorgesehen bzw. ein an die optische Übertragungsstrecke angepaßtes Dispersionsmanagement eingesetzt. Hierzu sind derartige optische Übertragungssysteme

überwiegend in mehrere optische Faserstreckenabschnitte unterteilt, in denen die jeweils in dem betrachteten optischen Faserstreckenabschnitt hervorgerufene Faserdispersion mit Hilfe einer Dispersionskompensationseinheit komplett oder
5 teilweise kompensiert wird.

Derartige Dispersionskompensationseinheiten sind beispielsweise als optische Spezialfasern ausgestaltet, bei denen durch eine spezielle Wahl des Brechzahlindexprofils im Faser-
10 kern und den umliegenden Mantelschichten der optischen Faser die Dispersion bzw. Faserdispersion, insbesondere im 1550 nm Fenster sehr hohe negative Werte annimmt. Mit Hilfe der durch die dispersionskompensierende Faser hervorgerufenen, hohen negativen Dispersionswerte können die durch die optischen
15 Übertragungsfasern erzeugten Dispersionsbeiträge effektiv kompensiert werden. Zusätzlich ist die maximale Anzahl von optischen Faserstreckenabschnitten bzw. die regenerationsfreie Reichweite des optischen Übertragungssystems durch das Augendiagramm ("eye-opening") des am Ausgang des jeweiligen
20 optischen Faserstreckenabschnitts anliegenden optischen Datensignals bestimmt. Hierdurch ergibt sich eine maximale Reichweite für eine regenerationsfreie Übertragung eines optischen Datensignals, die zusätzlich durch das optische Signal-Rausch-Verhältnisses des Übertragungsmediums bestimmt
25 ist.

In bislang realisierten optischen Übertragungssystemen werden hierzu unterschiedliche Dispersionsmanagementkonzepte verfolgt, wobei die optimale Dispersionskompensation einer optischen Übertragungsstrecke durch Verwendung von vor- und/oder
30 nachkompensierten bzw. unterschiedlich über- oder unterkompensierten optischen Faserstreckenabschnitten durchgeführt wird. Abhängig von der Faserdispersion kann damit eine bestimmte Entfernung regenerationsfrei übertragen werden.

35 Hierzu ist aus DER FERMELDE-INGENIEUR:

"Wellenlängenmultiplextechnik in zukünftigen photonischen

Netzen", A. Ehrhardt et. al., 53. Jahrgang, Heft 5 und 6, Mai/Juni 1999, S. 18-24 bekannt, daß das Systemoptimum zur Dispersionskompensation eines optischen Übertragungssystems bei einer Dispersionskompensation von unter 100 % erreicht werden kann. Desweiteren geht aus der obengenannten Druckschrift hervor, daß die chromatische Faserdispersion zu einem bestimmten Teil durch Fasernichtlinearitäten selbst kompensiert werden kann.

- 10 Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht also darin, ein optisches Übertragungssystem der eingangs erwähnten Art derart auszugestalten, daß die Dispersionskompensation verbessert wird und/oder die durch die Signalverzerrungen reduzierte, regenerationsfrei überbrückbare Übertragungsreichweite erhöht wird. Die Aufgabe wird ausgehend von den im Oberbegriff von Patentanspruch 1 angegebenen Merkmalen durch dessen kennzeichnende Merkmale gelöst.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch ein optisches Übertragungssystem gelöst, bei dem Dispersionskompensationseinheiten vorgesehen sind, die die Faserdispersion von mehreren Faserstreckenabschnitten derart kompensieren, daß die verbleibende Rest-Dispersion pro kompensierten Faserstreckenabschnitt zumindest nahezu gleichmäßig um jeweils denselben Dispersionsbetrag ansteigt. Vorteilhaft wird durch das erfindungsgemäße nahezu gleichmäßig verteilte Unterkompensieren über die einzelnen optischen Faserstreckenabschnitte im Vergleich zu bisherigen Systemen mit Vollkompensation eine nahezu Verdopplung der regenerationsfrei überbrückbaren Übertragungsreichweite ermöglicht, d.h. in den jeweiligen Faserstreckenabschnitten wird soweit unterkompensiert bis die verbleibende Rest-Dispersion einem Vielfachen des erfindungsgemäßen Dispersionsbetrags entspricht, wobei die Rest-Dispersion entlang der optischen Übertragungsstrecke pro Faserstreckenabschnitt jeweils um den Dispersionsbetrag zunimmt.

Nach einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung weist das optische Übertragungssystem eine durch Fasernichtlinearitäten und die Faserdispersion hervorgerufene, akkumulierte Rest-Dispersion auf, die mit zunehmender Datenrate nahezu linear abnimmt - Anspruch 2. Der nichtlineare Effekt Selbstphasenmodulation und die Group Velocity Dispersion (GVD) sind die Ursache für die akkumulierte Rest-Dispersion am Ende des letzten Faserstreckenabschnitts der optischen Übertragungstrecke. Sie sind bei vollkompensierten Faserstreckenabschnitten nahezu unabhängig von der Eingangsleistung des optischen Datensignals und beeinflussen sich gegenseitig, d.h. die Selbstphasenmodulation kann eine dispersionskompensierende Wirkung aufweisen. Desweiteren nimmt mit zunehmender Datenrate die Group Velocity Dispersion in den optischen Fasern zu, während die Selbstphasenmodulation nahezu unverändert bleibt. Somit trägt die Selbstphasenmodulation (SPM) im optischen Übertragungssystem zur Dispersionskompensation bei, wobei die dispersionskompensierende Wirkung der Selbstphasenmodulation (SPM) mit zunehmender Datenrate hinsichtlich der Group Velocity Dispersion geringer wird, d.h. die akkumulierte Rest-Dispersion nimmt ab mit zunehmender Datenrate.

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung sind die Dispersionskompensationseinheiten zur Kompensation der Faserdispersion von allen optischen Faserstreckenabschnitten vorgesehen - Anspruch 3. Nimmt auf vorteilhafte Weise in allen Faserstreckenabschnitten des optischen Übertragungssystems die Rest-Dispersion jeweils zumindest nahezu gleichmäßig um denselben Dispersionsbeitrag zu, so kann die maximale regenerationsfrei überbrückbare Übertragungsreichweite realisiert werden.

Vorteilhaft weisen alle optischen Faserstreckenabschnitte des optischen Übertragungssystems nahezu dieselbe Länge auf - Anspruch 4, wobei zusätzlich die optischen Fasern der Faserstreckenabschnitte eine Mindestlänge von 20 Kilometern aufweisen - Anspruch 6. Bei einer Mindestlänge von ca. 20 Kilo-

metern besitzen die durch die Faserdispersion und die Faser-nichtlinearitäten hervorgerufenen Signalverzerrungen nahezu den Maximalwert. Durch die Aufteilung des optischen Übertragungssystems in nahezu gleich lange optische Faserstreckenabschnitte, deren Anzahl durch die regenerationsfrei zu überbrückende optische Übertragungsstrecke und der akkumulierten Rest-Dispersion bestimmt wird, kann durch eine einfache modulare Bauweise ein hinsichtlich der Dispersionkompensation und der regenerationsfrei überbrückbaren Übertragungsreichweite optimiertes optisches Übertragungssystem realisiert werden. Insbesondere kann durch den dadurch bedingten symmetrischen Aufbau das optische Übertragungssystem besonders vorteilhaft in einem bidirektionalen Betriebsmodus betrieben werden - Anspruch 7.

Vorteilhafte Weiterbildungen und Ausbildungen des erfindungsgemäßen optischen Übertragungssystems sind in den weiteren Patentansprüchen beschrieben.

Die Erfindung soll im folgenden anhand eines Prinzipschaltbildes und zweier Diagramme näher erläutert werden.

Figur 1 zeigt den prinzipiellen Aufbau eines optischen Übertragungssystems,
Figur 2 zeigt in einem Diagramm das erfindungsgemäße Dispersionmanagementschema und
Figur 3 zeigt in einem weiteren Diagramm die regenerationsfrei überbrückbare Anzahl der kompensierten Faserstreckenabschnitte in Abhängigkeit von der verteilten Unter- bzw. Überkompensation.

In Figur 1 ist ein optisches Übertragungssystem OTS schematisch dargestellt, das eine optische Sendeeinrichtung TU und eine optische Empfangseinrichtung RU aufweist. Die optische Sendeeinrichtung TU ist über N optische, jeweils einen Eingang I und einen Ausgang E aufweisende Faserstreckenabschnitte FDS_1 bis FDS_N mit der optischen Empfangseinrichtung RU

verbunden, die jeweils einen optischen Verstärker EDFA, eine optische Faser SSMF und eine optische Dispersionskompensationseinheit DCU aufweisen.

- 5 In Figur 1 sind beispielhaft ein erster und N-ter optischer Faserstreckenabschnitt FDS_1, FDS_N dargestellt, wobei ein zweiter bis N-1-ter Faserstreckenabschnitt FDS_2 bis FDS_{N-1} anhand einer punktierten Linie angedeutet sind. Desweiteren besteht der erste optische Faserstreckenabschnitt FDS_1 aus einem ersten optischen Verstärker $EDFA_1$, einer ersten optischen Faser SSMF₁, beispielsweise einer optischen Standard-Single-Mode-Faser, sowie aus einer ersten optischen Dispersionskompensationseinheit DCU₁, wobei zwischen der ersten optischen Faser SSMF₁ und der ersten optischen Dispersionskompensationseinheit DCU₁ noch ein optischer Vorverstärker - in Figur 1 nicht dargestellt - vorgesehen werden kann. Analog dazu weist der N-te optische Faserstreckenabschnitt FDS_N einen N-ten optischen Verstärker $EDFA_N$, eine N-te optische Faser SSMF_N und eine N-te optische Dispersionskompensationseinheit DCU_N auf.
- 10 20 Analog kann auch hier zwischen N-ter optische Faser SSMF_N und N-ter optischer Dispersionskompensationseinheit DCU_N ein weiterer optischer Vorverstärker - in Figur 1 nicht dargestellt - vorgesehen sein.
- 25 30 35 Das optische Datensignal bzw. der optische Datenstrom OS wird von der optischen Sendeeinrichtung TU zum Eingang I des ersten optischen Faserstreckenabschnitt FDS_1 übermittelt. Innerhalb des ersten optischen Faserstreckenabschnitts FDS_1 wird das optische Datensignal OS mit Hilfe des ersten optischen Verstärker $EDFA_1$ verstärkt und über die erste optische Faser SSMF₁ zur ersten Dispersionskompensationseinheit DCU₁ übertragen. In der ersten Dispersionskompensationseinheit DCU₁ werden die durch die optische Übertragung über die erste optische Faser SSMF₁ hervorgerufenen Signalverzerrungen des optischen Datensignals OS bis auf eine erste Rest-Dispersion D_{rest1} , die im Falle der ersten Dispersionskompensationseinheit DCU₁ dem erfindungsgemäßen Dispersionsbetrag ΔD ent-

spricht, kompensiert. Die festgelegte Rest-Dispersion D_{rest} ist ein durch die Anzahl N der optischen Faserstreckenabschnitte FDS festgelegter Bruchteil der akkumulierten Rest-Dispersion D_{akk} , der nahezu gleichmäßig mit jedem kompensierten Faserstreckenabschnitt FDS um nahezu denselben Dispersionsbetrag ΔD ansteigt.

Die akkumulierte Rest-Dispersion D_{akk} wird durch die Faser-nichtlinearitäten und die Faserdispersion hervorgerufen und liegt am Ende des N -ten Faserstreckenabschnitts FDS_N vor. Außerdem wird die akkumulierte Rest-Dispersion D_{akk} aufgrund der für die Rückgewinnung der Daten aus dem optischen Datensignal OS geforderten Parametern für das Augendiagramm "eye-opening" am Ende des N -ten Faserstreckenabschnitts FDS_N nicht kompensiert. Somit ist das am Ausgang E des ersten optischen Faserstreckenabschnitts FDS_1 anliegende optische Datensignal OS nicht vollständig dispersionskompensiert, sondern unterkompensiert.

Analog dazu wird das optische Datensignal OS über die weiteren optischen Faserstreckenabschnitte FDS zum Eingang I des N -ten optischen Faserstreckenabschnittes FDS_N übertragen. Das am Eingang I des N -ten optischen Faserstreckenabschnittes FDS_N anliegende optische Datensignal OS wird mit Hilfe des N -ten optischen Verstärker EDFA_N verstärkt und über die N -te optische Faser SSMF_N zu der N -ten Dispersionskompensationseinheit DCU_N übermittelt. In der N -ten Dispersionskompensationseinheit DCU_N wird die von der N -ten optischen Faser SSMF_N hervorgerufene Faserdispersion des optischen Datensignals OS teilweise kompensiert, woraus erkennbar ist, daß die Rest-Dispersion D_{rest} des optischen Datensignals OS nahezu gleichmäßig um den vorgegebenen Dispersionsbetrag ΔD ansteigt und nach der N -ten Dispersionskompensation der akkumulierten Rest-Dispersion D_{akk} entspricht. Das am Ausgang E des N -ten optischen Faserstreckenabschnitts FDS_N anliegende optische Datensignal OS wird zur optischen Empfangseinrichtung RU übertragen und gegebenenfalls vor der Weiterverarbeitung ei-

ner 3R - Regeneration unterzogen - nicht in Figur 1 dargestellt.

In Figur 2 ist beispielhaft ein erfindungsgemäßes Dispersionsmanagementschema DCS anhand eines Diagramms schematisch dargestellt. Daraus wird deutlich, daß sich das optische Übertragungssystem OTS erfindungsgemäß aus mehreren optischen Faserstreckenabschnitten FDS zusammensetzt, die jeweils eine optische Faser SSMF und eine Dispersionskompensationseinheit DCF, beispielsweise eine dispersionskompensierende Faser, aufweisen. Zur Erläuterung des erfindungsgemäßen Dispersionsmanagementschemas DCS ist die Anzahl der optischen Faserstreckenabschnitte auf vier ($N=4$) beschränkt, so daß in Figur 2 sind ein erster, zweiter, dritter und vierter optischer Faserstreckenabschnitt $FDS_1, FDS_2, FDS_3, FDS_4$ dargestellt sind, wobei der erste optische Faserstreckenabschnitt FDS_1 eine erste optische Faser $SSMF_1$ und eine erste optische Dispersionskompensationseinheit DCF_1 , der zweite optische Faserstreckenabschnitt FDS_2 eine zweite optische Faser $SSMF_2$ und eine zweite optische Dispersionskompensationseinheit DCF_2 , der dritte optische Faserstreckenabschnitt FDS_3 eine dritte optische Faser $SSMF_3$ und eine dritte optische Dispersionskompensationseinheit DCF_3 und der vierte optische Faserstreckenabschnitt FDS_4 eine vierte optische Faser $SSMF_4$ und eine vierte optische Dispersionskompensationseinheit DCF_4 aufweist. Hierbei ist für das Dispersionsmanagementschema DCS des Ausführungsbeispiels beispielsweise eine nahezu gleiche Länge für die erste bis vierte optische Faser $SSMF_1$ bis $SSMF_4$ sowie für die erste bis vierte dispersionskompensierende Faser DCF_1 bis DCF_4 gewählt.

Das Diagramm weist eine horizontale (Abszisse) und eine vertikale Achse (Ordinate) x, d auf, wobei durch die horizontale Achse die Entfernung x von der optischen Sendeeinrichtung TU bzw. die Reichweite der optischen Datenübertragung und durch die vertikale Achse d die Faserdispersion d in der jeweiligen

optischen Faser SSMF bzw. in der dispersionskompensierenden Faser DCF dargestellt ist.

Anhand Figur 2 wird deutlich, daß die Faserdispersion eines
5 am Eingang I des ersten optischen Faserstreckenabschnitts
FDS₁ anliegenden optischen Datensignals OS von der optischen
Sendeeinrichtung TU ($x=0$) entlang der ersten optischen Faser
SSMF₁ linear ansteigt und am Ende der ersten optischen Faser
 x_1 einen ersten maximalen Dispersionsbetrag $D_{\max 1}$ annimmt. Der
10 erste maximale Dispersionsbetrag $D_{\max 1}$ wird mit Hilfe der er-
sten Dispersionskompensationseinheit DCF₁ bzw. der ersten
dispersionskompensierenden Faser teilweise kompensiert, d.h.
am Ende der ersten dispersionskompensierenden Faser x_2 liegt
eine erste Rest-Dispersion $D_{\text{rest}1}$ vor, die am Ausgang E der
15 ersten Dispersionskompensationseinheit DCF₁ dem Dispersions-
betrag ΔD entspricht.

Durch die sich anschließende zweite optische Faser SSMF₂
nimmt die Faserdispersion d von der ersten Rest-Dispersion
20 $D_{\text{rest}1}$ bis zu einem zweiten maximalen Dispersionsbetrag $D_{\max 2}$
zu, welcher am Ende der zweiten dispersionskompensierenden
Faser x_3 vorliegt. Der zweite maximale Dispersionsbetrag $D_{\max 2}$
wird mit Hilfe der zweiten Dispersionskompensationseinheit
DCF₂ bzw. der zweiten dispersionskompensierenden Faser soweit
25 kompensiert bis die zweite Rest-Dispersion $D_{\text{rest}2}$ dem zweifa-
chen des Dispersionsbetrags ΔD entspricht, d.h. die verblei-
bende Rest-Dispersion D_{rest} steigt gleichmäßig pro optischen
Faserstreckenabschnitt FDS jeweils um den Dispersionsbetrag
 ΔD an. Somit liegt am Ende der zweiten dispersionskompensie-
30 renden Faser x_4 eine zweite Rest-Dispersion $D_{\text{rest}2}$ vor, die am
Ausgang E der zweiten Dispersionskompensationseinheit bzw.
der zweiten dispersionskompensierenden Faser DCF₂ dem Zweifa-
chen des Dispersionsbetrags ΔD entspricht.

35 Das von der zweiten dispersionskompensierenden Faser DCF₂ an
die dritte optische Faser SSMF₃ übermittelte optische Daten-
signal OS erfährt in der dritten optischen Faser SSMF₃ wie-

derum durch die Faserdispersion d hervorgerufene Signalverzerrungen, die am Ende der dritten optischen Faser x_5 einen dritten maximalen Dispersionsbetrag $D_{\max 3}$ annehmen. Der dritte Dispersionsbetrag $D_{\max 3}$ wird durch die dritte optische Dispersionskompensationseinheit DCF_3 derartig unterkompensiert, daß die verbleibende dritte Rest-Dispersion $D_{\text{rest}3}$ dem Dreifachen des erfindungsgemäßen Dispersionsbetrages ΔD entspricht, d.h. die Rest-Dispersion D_{rest} nimmt am Ende der dritten dispersionskompensierenden Faser x_6 eine dritte Rest-Dispersion $D_{\text{rest}3}$, die im Vergleich zur zweiten Rest-Dispersion $D_{\text{rest}2}$ nochmals um den Dispersionsbetrag ΔD zugenommen hat.

Desweiteren wird das am Ausgang E der dritten dispersionskompensierenden Faser DCF_3 anliegende optische Datensignal OS an die vierte und letzte optische Faser $SSMF_4$ des optischen Übertragungssystems OTS übermittelt. Anhand Figur 2 wird deutlich, daß die Faserdispersion d weiterhin zunimmt und am Ende der vierten optischen Faser x_7 einen vierten maximalen Dispersionsbetrag $D_{\max 4}$ aufweist. Mit Hilfe der vierten Dispersionskompensationseinheit DCF_4 wird der vierte maximale Dispersionsbetrag $D_{\max 4}$ auf den Betrag der akkumulierten Rest-Dispersion D_{akk} reduziert, welcher dem Vierfachen des erfindungsgemäßen Dispersionsbetrages ΔD entspricht. Somit weist am Ende der optischen Übertragungsstrecke bzw. am Ende des vierten Faserstreckenabschnitts x_8 die verbleibende Rest-Dispersion D_{rest} des optischen Übertragungssystems OTS den Betrag der akkumulierten Rest-Dispersion D_{akk} auf.

Durch das erfindungsgemäße gleichmäßige "Aufteilen" der für das jeweilige optische Übertragungssystem OTS berechneten bzw. geschätzten akkumulierten Rest-Dispersion D_{akk} auf eine festgelegte Anzahl von Faserstreckenabschnitte FDS wird die regenerationsfrei überbrückbare Übertragungsreichweite x_8 nahezu verdoppelt. Hierbei werden die Faserstreckenabschnitte FDS des optischen Übertragungssystems, unabhängig von der Länge der jeweiligen optischen Faser $SSMF$, jeweils bis auf eine durch die akkumulierte Rest-Dispersion D_{akk} festgelegte

Rest-Dispersion D_{rest} unterkompensiert, wobei die Rest-Dispersion D von Faserstreckenabschnitt FDS_1 zu Faserstreckenabschnitt FDS_2 um jeweils denselben Dispersionsbetrag ansteigt.

5

Im Vergleich zu einem den jeweiligen Faserstreckenabschnitt FDS eines optischen Übertragungssystems OTS vollständig kompensierenden Dispersionsmanagementschema DCS kann durch das erfindungsgemäße Dispersionsmanagementschema DCS der verteil-

10 ten Unterkompensation die regenerationsfrei überbrückbare Reichweite erheblich erhöht werden, welches zu einer Einsparung von kostenintensiven elektrischen 3R-Regenerationseinrichtungen führt.

15

Desweiteren ist aufgrund des aus Figur 2 erkennbaren, symmetrischen Aufbaus des optischen Übertragungssystems OTS auf einfache Art und Weise eine bidirektionale Datenübertragung über die betrachteten Faserstreckenabschnitte FDS realisierbar.

20

Zusätzlich kann ein eine optische Faser SSMF und eine Dispersionskompensationseinheit DCF aufweisender Faserstreckenabschnitt FDS als optisches Übertragungsmodul M ausgestaltet sein. Somit kann das optische Übertragungssystem OTS durch

25 eine Serienschaltung derartiger optischer Übertragungsmodule M gebildet werden. Eine derartige modulare Bauweise erleichtert die Realisierung einer optischen Übertragungsstrecke bzw. Erweiterung einer bestehenden optischen Übertragungsstrecke in der Praxis erheblich.

30

Weiterhin ist die Verwendung der erfindungsgemäßen, verteilten Unterkompensation besonders vorteilhaft bei optischen Übertragungssystemen, die aufgrund der Datenübertragung mit Hilfe von mehreren Übertragungskanälen eine starke Kreuz-

35 Phasen-Modulation (XPM) als hinsichtlich der regenerationsfrei überbrückbaren Übertragungsreichweiten limitierenden Effekt aufweisen. Diese starke Kreuz-Phasen-Modulation (XPM)

kann durch das erfindungsgemäße Vorsehen einer geringen, lokalen Rest-Dispersion D_{rest} am Ende eines Faserstreckenabschnitts FDS unterdrückt werden. Somit wird durch die erfindungsgemäße verteilte Unterkompensation nicht nur die Selbstphasenmodulation (SPM) unterdrückt, sondern nahezu gleichzeitig der Einfluß der Kreuz-Phasen-Modulation (XPM) erheblich verringert.

In Figur 3 ist in einem weiteren Diagramm die regenerationsfrei überbrückbare Anzahl der kompensierten Faserstreckenabschnitte n_{fs} in Abhängigkeit von der verteilten Unter- bzw. Überkompensation u_{oc} für unterschiedliche Eingangsleistungen $P_{4\text{dBm}}, P_{6\text{dBm}}, P_{9\text{dBm}}, P_{12\text{dBm}}, P_{15\text{dBm}}$ des optischen Datensignals OS dargestellt.

Das weitere Diagramm weist eine horizontale (Abszisse) und eine vertikale Achse (Ordinate) $u_{\text{oc}}, n_{\text{fs}}$ auf, wobei durch die horizontale Achse das zur Dispersionskompensation vorgesehene Schema "Unter- bzw. Überkompensation" des optischen Übertragungssystems OTS und durch die vertikale Achse n_{fs} die Anzahl der kompensierten Faserstreckenabschnitte FDS des optischen Übertragungssystems OTS dargestellt ist. Daraus läßt sich erkennen, daß durch die erfindungsgemäße gleichmäßige Unterkompensation mehrerer Faserstreckenabschnitte FDS eine Erhöhung der regenerationsfrei überbrückbaren Übertragungsreichweite erzielen läßt. Die regenerationsfrei überbrückbare Übertragungsreichweite wird im weiteren Diagramm durch die Anzahl der kompensierten Faserstreckenabschnitte FDS des optischen Übertragungssystems OTS verdeutlicht.

Hierzu werden ein erstes bis fünftes optisches Datensignal OS1 bis OS5 einem optischen Test-Übertragungssystem OTS zugeführt, die jeweils eine unterschiedliche Eingangsleistung P aufweisen. Dabei weist das erste optische Datensignal OS1 eine Eingangsleistung von 4dBm, das zweite optische Datensignal OS2 eine Eingangsleistung von 6dBm, das dritte optische Datensignal OS3 eine Eingangsleistung von 9dBm, das vierte op-

tische Datensignal OS4 eine Eingangsleistung von 12dBm sowie das fünfte optische Datensignal OS5 eine Eingangsleistung von 15dBm auf.

- 5 Die Erhöhung der regenerationsfrei überbrückbaren Übertra-
gungsbereichweite wird besonders an dem Kurvenverlauf für das
erste optische Datensignal OS1 deutlich, da das erste opti-
sche Datensignal OS1 bei einer Unterkompensation von ca. 0,5
km einer Standard-Einmodenfaser (SSMF) über nahezu 120 Faser-
10 streckenabschnitte FDS ohne Regeneration übertragen werden
kann. Hierbei wird der jeweilige Faserstreckenabschnitt FDS
jeweils durch die dispersionskompensierende Faser DCF soweit
kompensiert, daß eine Rest-Dispersion D_{rest} vorliegt, die ei-
nem unkompensierten optischen Faserstück der Länge eines hal-
15 ben Kilometers (0,5 km) entspricht.

Patentansprüche

1. Optisches Übertragungssystem (OTS) bestehend aus mehreren optischen Faserstreckenabschnitten (FDS) mit jeweils einer optischen Faser (SSMF) und einer Dispersionskompensationseinheit (DCF),
5 da durch gekennzeichnet,
daß Dispersionskompensationseinheiten (DCF_1 bis DCF_4) vorgesehen sind, die die Faserdispersion (d) von mehreren Faserstreckenabschnitten (FDS_1 bis FDS_4) derart kompensieren, daß
10 die verbleibende Rest-Dispersion (D_{rest}) pro kompensierten Faserstreckenabschnitt (FDS_1 bis FDS_4) zumindest nahezu gleichmäßig um jeweils denselben Dispersionsbetrag (ΔD) ansteigt.
- 15 2. Optisches Übertragungssystem nach Anspruch 1,
da durch gekennzeichnet,
daß das optische Übertragungssystem (OTS) eine durch Faser-nichtlinearitäten und die Faserdispersion (d) hervorgerufene, akkumulierte Rest-Dispersion (D_{akk}) aufweist, die mit zunehmender Datenrate nahezu linear abnimmt.
20
3. Optisches Übertragungssystem nach einem der Ansprüche 1 oder 2,
da durch gekennzeichnet,
25 daß die Dispersionskompensationseinheiten (DCF_1 bis DCF_4) zur Kompensation der Faserdispersion (d) von allen optischen Faserstreckenabschnitten (FDS_1 bis FDS_4) vorgesehen sind.
- 30 4. Optisches Übertragungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
da durch gekennzeichnet,
daß alle optischen Faserstreckenabschnitte (FDS_1 bis FDS_4) des optischen Übertragungssystems (OTS) nahezu dieselbe Länge aufweisen.
35
5. Optisches Übertragungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 4,

15

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
daß ein eine optische Faser (SSMF₁) und eine Dispersionskom-
pensationseinheit (DCF₁) aufweisender Faserstreckenabschnitt
(FDS₁) ein optisches Übertragungsmodul (M) realisiert.

5

5. Optisches Übertragungssystem nach Anspruch 4,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
daß das optische Übertragungssystem (OTS) aus mehreren in Se-
rie angeordneten optischen Übertragungsmodulen (M) gebildet

10

werden kann.

6. Optisches Übertragungssystem nach einem der Ansprüche 1
bis 5,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

15

daß die optischen Fasern (SSMF) der Faserstreckenabschnitte
(FDS) eine Mindestlänge von 20 Kilometern aufweisen.

7. Optisches Übertragungssystem nach einem der Ansprüche 1
oder 6,

20

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
daß das optische Übertragungssystem (OTS) einen bidirektiona-
len Betriebsmodus aufweist.

25

FIG. 1

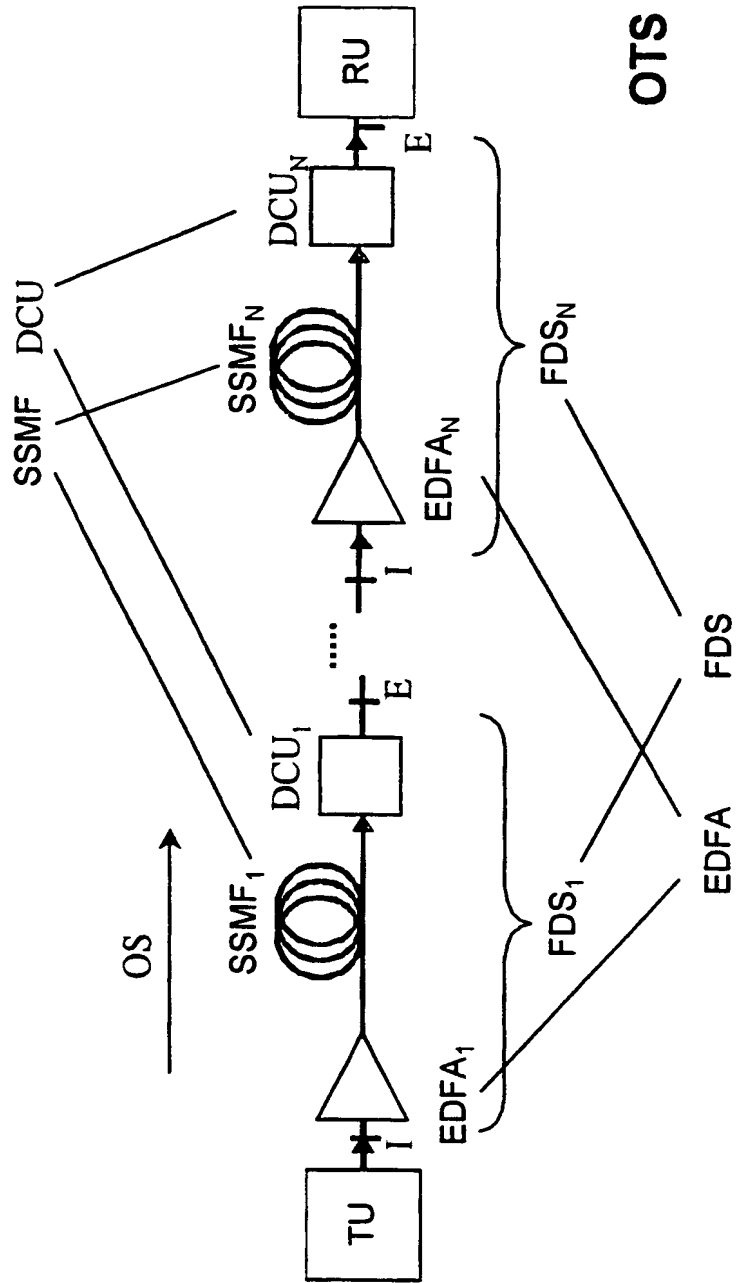
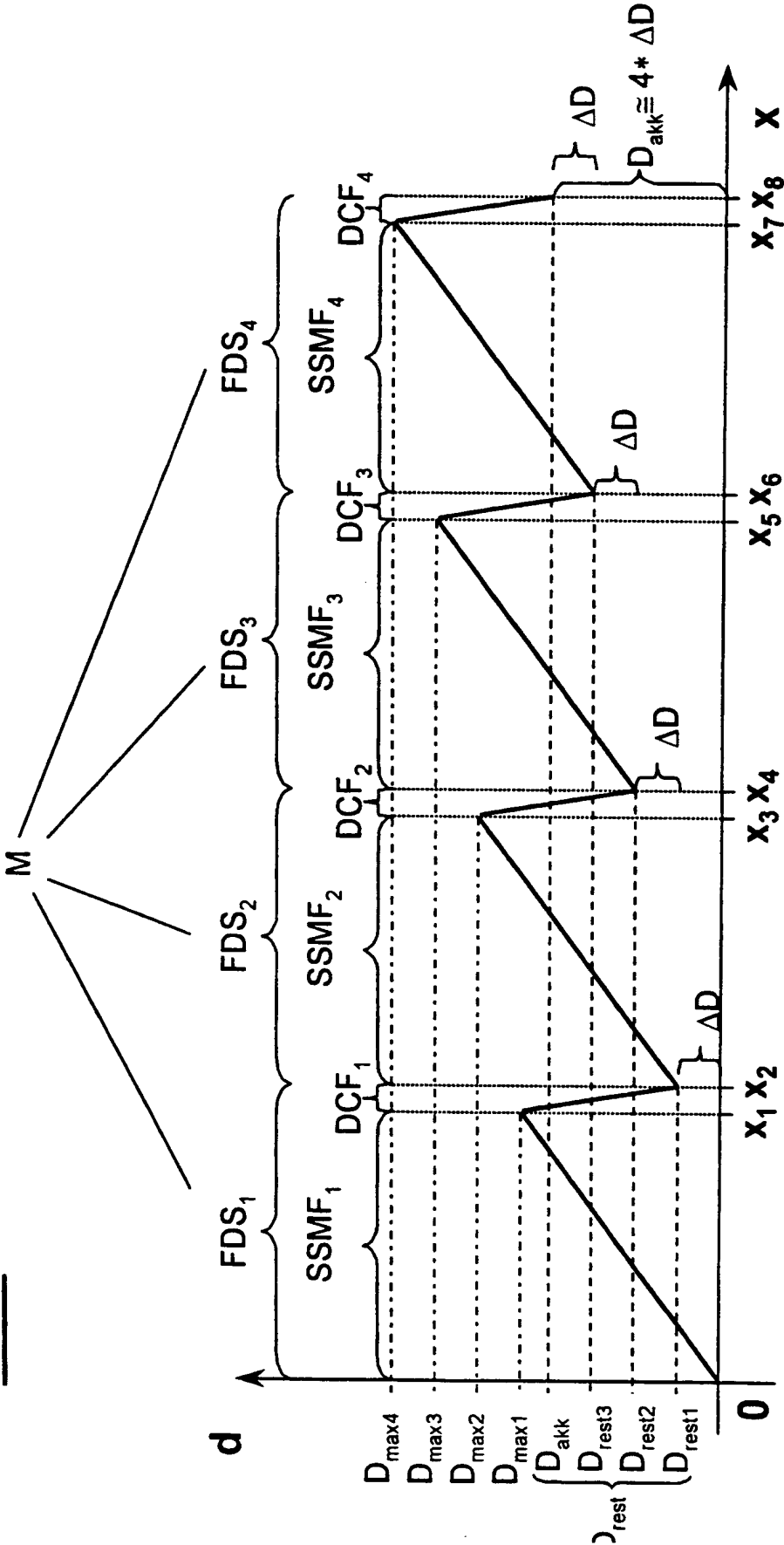
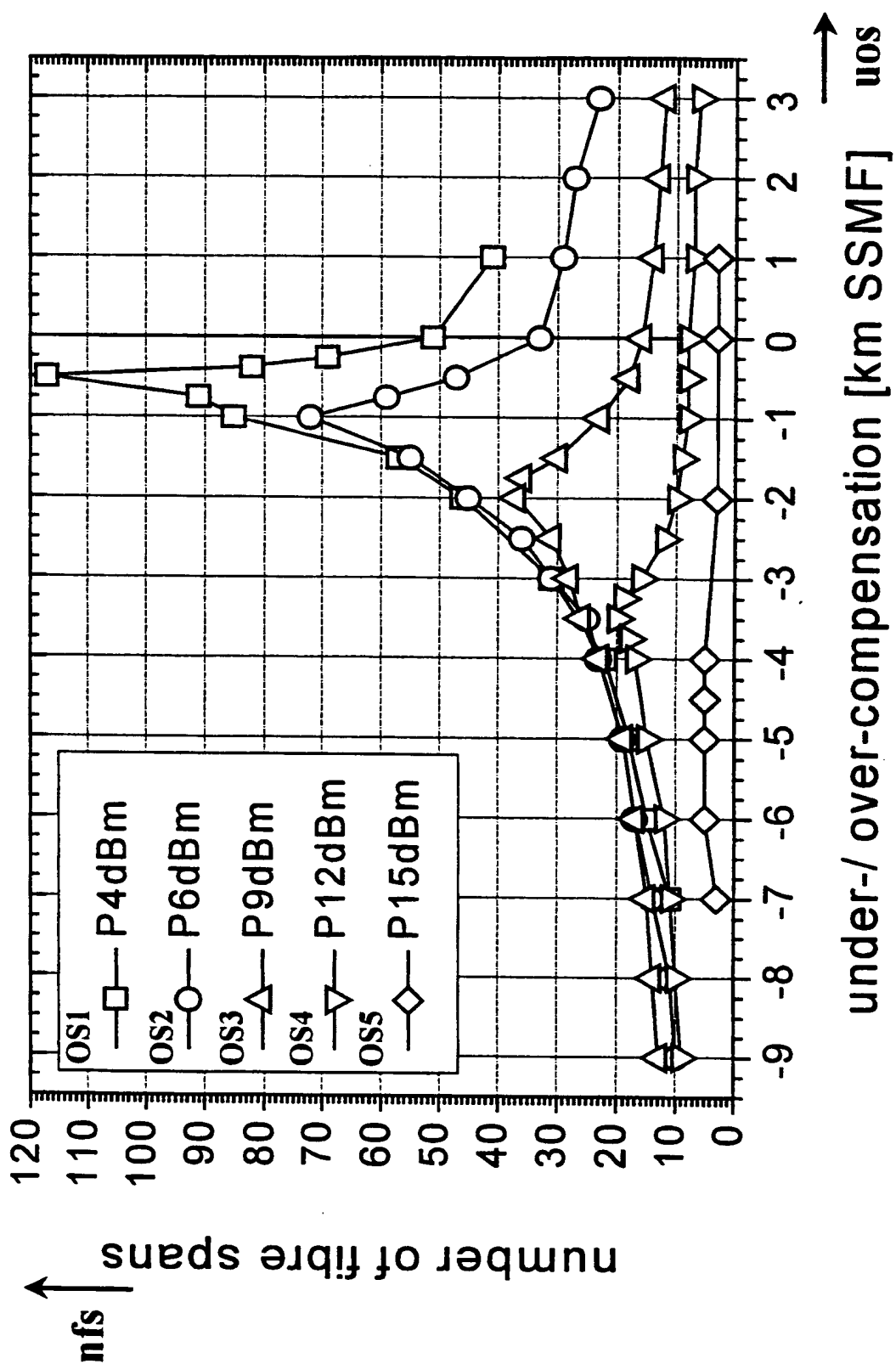


FIG. 2



DCS

FIG. 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

National Application No

PCT/DE 00/03256

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 H04B10/18

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 H04B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	BIGO S ET AL: "320-GB/S (32 X 10 GB/S WDM) TRANSMISSION OVER 500 KM OF CONVENTIONAL SINGLE-MODE FIBER WITH 125-KM AMPLIFIER SPACING" IEEE PHOTONICS TECHNOLOGY LETTERS,US,IEEE INC. NEW YORK, vol. 10, no. 7, 1 July 1998 (1998-07-01), pages 1045-1047, XP000771749 ISSN: 1041-1135	1,3-7
Y	page 1045, left-hand column, paragraphs 1,2	8
A	page 1045, right-hand column, paragraph 2 page 1046, left-hand column, paragraph 2 figures 1,2	2
Y	FR 2 766 998 A (KOKUSAI DENSHIN DENWA CO LTD) 5 February 1999 (1999-02-05) claim 1	8

☐

Further documents are listed in the continuation of box C.

☒

Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *&* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

17 January 2001

Date of mailing of the international search report

24/01/2001

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Carrasco Comes, N

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Int. Application No

PCT/JP 00/03256

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
FR 2766998 A	05-02-1999	JP 11055181 A US 6021235 A	26-02-1999 01-02-2000
<hr/>			

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 H04B10/18

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 H04B

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	BIGO S ET AL: "320-GB/S (32 X 10 GB/S WDM) TRANSMISSION OVER 500 KM OF CONVENTIONAL SINGLE-MODE FIBER WITH 125-KM AMPLIFIER SPACING" IEEE PHOTONICS TECHNOLOGY LETTERS, US, IEEE INC. NEW YORK, Bd. 10, Nr. 7, 1. Juli 1998 (1998-07-01), Seiten 1045-1047, XP000771749 ISSN: 1041-1135	1,3-7
Y	Seite 1045, linke Spalte, Absätze 1,2	8
A	Seite 1045, rechte Spalte, Absatz 2 Seite 1046, linke Spalte, Absatz 2 Abbildungen 1,2	2
Y	FR 2 766 998 A (KOKUSAI DENSHIN DENWA CO LTD) 5. Februar 1999 (1999-02-05) Anspruch 1	8



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

G Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

17. Januar 2001

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

24/01/2001

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Carrasco Comes, N

Angaben zu Veröffentlichungen, die zu dieser Patentfamilie gehören

PCT/DE 00/03256

Formblatt PCT/ISA/210 (Anhang Patentfamilie)(Juli 1992)

Translation

PATENT COOPERATION TREATY

8/16/02
amr

PCT

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

(PCT Article 36 and Rule 70)

10/088668

Applicant's or agent's file reference 1999P02872WO	FOR FURTHER ACTION See Notification of Transmittal of International Preliminary Examination Report (Form PCT/IPEA/416)	
International application No. PCT/DE00/03256	International filing date (day/month/year) 19 September 2000 (19.09.00)	Priority date (day/month/year) 21 September 1999 (21.09.99)
International Patent Classification (IPC) or national classification and IPC H04B 10/18		
Applicant SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT		

1. This international preliminary examination report has been prepared by this International Preliminary Examining Authority and is transmitted to the applicant according to Article 36.	
2. This REPORT consists of a total of <u>5</u> sheets, including this cover sheet.	
<input checked="" type="checkbox"/> This report is also accompanied by ANNEXES, i.e., sheets of the description, claims and/or drawings which have been amended and are the basis for this report and/or sheets containing rectifications made before this Authority (see Rule 70.16 and Section 607 of the Administrative Instructions under the PCT).	
These annexes consist of a total of <u>7</u> sheets.	
3. This report contains indications relating to the following items:	
I <input checked="" type="checkbox"/>	Basis of the report
II <input type="checkbox"/>	Priority
III <input type="checkbox"/>	Non-establishment of opinion with regard to novelty, inventive step and industrial applicability
IV <input type="checkbox"/>	Lack of unity of invention
V <input checked="" type="checkbox"/>	Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement
VI <input type="checkbox"/>	Certain documents cited
VII <input type="checkbox"/>	Certain defects in the international application
VIII <input type="checkbox"/>	Certain observations on the international application

RECEIVED
JUN 27 2002
TECHNOLOGY CENTER 2800

Date of submission of the demand 09 March 2001 (09.03.01)	Date of completion of this report 21 January 2002 (21.01.2002)
Name and mailing address of the IPEA/EP	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

I. Basis of the report**1. With regard to the elements of the international application:***

- ☒ the international application as originally filed
- ☒ the description:
pages _____ 6-13 _____, as originally filed
pages _____, filed with the demand
pages _____ 1-5 _____, filed with the letter of _____ 19 October 2001 (19.10.2001)
- ☒ the claims:
pages _____, as originally filed
pages _____, as amended (together with any statement under Article 19
pages _____, filed with the demand
pages _____ 1-6 _____, filed with the letter of _____ 19 October 2001 (19.10.2001)
- ☒ the drawings:
pages _____ 1/3-3/3 _____, as originally filed
pages _____, filed with the demand
pages _____, filed with the letter of _____
- ☐ the sequence listing part of the description:
pages _____, as originally filed
pages _____, filed with the demand
pages _____, filed with the letter of _____

2. With regard to the language, all the elements marked above were available or furnished to this Authority in the language in which the international application was filed, unless otherwise indicated under this item.

These elements were available or furnished to this Authority in the following language _____ which is:

- ☐ the language of a translation furnished for the purposes of international search (under Rule 23.1(b)).
- ☐ the language of publication of the international application (under Rule 48.3(b)).
- ☐ the language of the translation furnished for the purposes of international preliminary examination (under Rule 55.2 and/or 55.3).

3. With regard to any nucleotide and/or amino acid sequence disclosed in the international application, the international preliminary examination was carried out on the basis of the sequence listing:

- ☐ contained in the international application in written form.
- ☐ filed together with the international application in computer readable form.
- ☐ furnished subsequently to this Authority in written form.
- ☐ furnished subsequently to this Authority in computer readable form.
- ☐ The statement that the subsequently furnished written sequence listing does not go beyond the disclosure in the international application as filed has been furnished.
- ☐ The statement that the information recorded in computer readable form is identical to the written sequence listing has been furnished.

4. ☒ The amendments have resulted in the cancellation of:

- ☒ the description, pages _____ 5 (in part) _____
- ☒ the claims, Nos. _____ 7 _____
- ☐ the drawings, sheets/fig _____

5. ☐ This report has been established as if (some of) the amendments had not been made, since they have been considered to go beyond the disclosure as filed, as indicated in the Supplemental Box (Rule 70.2(c)).**

* Replacement sheets which have been furnished to the receiving Office in response to an invitation under Article 14 are referred to in this report as "originally filed" and are not annexed to this report since they do not contain amendments (Rule 70.16 and 70.17).

** Any replacement sheet containing such amendments must be referred to under item 1 and annexed to this report.

I. Basis of the report

1. This report has been drawn on the basis of *(Replacement sheets which have been furnished to the receiving Office in response to an invitation under Article 14 are referred to in this report as "originally filed" and are not annexed to the report since they do not contain amendments.)*:

Claim 1 is based on original Claims 1 and 4 and page 7, lines 2 to 6; page 10, lines 19 to 34; page 3, lines 25 to 35 and Figure 2. **Claims 2 to 6** are based on original Claims 3 and 5 to 7.

V. Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement

1. Statement

Novelty (N)	Claims	6	YES
	Claims	1-5	NO
Inventive step (IS)	Claims		YES
	Claims	6	NO
Industrial applicability (IA)	Claims	1-6	YES
	Claims		NO

2. Citations and explanations

This report makes reference to the following documents:

D1 BIGO S ET AL: "320-GB/S (32 X 10 GB/S WDM) TRANSMISSION OVER 500 KM OF CONVENTIONAL SINGLE-MODE FIBER WITH 125-KM AMPLIFIER SPACING" IEEE PHOTONICS TECHNOLOGY LETTERS, US, IEEE INC. NEW YORK, Vol. 10, no. 7, 1 July 1998 (1998-07-01), pages 1045-1047, ISSN: 1041-1135.

D2 FR-A-2 766 998.

1. **Novelty**

a. D1 (cf. in particular page 1045, left-hand column, paragraph 1 to page 1046, left-hand column, paragraph 2 and Figures 1 and 2), considered to be the prior art closest to the subject matter of independent **Claim 1**, discloses

an optical transmission system comprising a fixed number (4) of optical fibre length sections (DCF, SMF) having virtually the same length (approximately 125 km) each with an optical fibre (SMF) and a dispersion compensation unit (DCF), wherein the dispersion compensation units (DCF) have virtually the same

compensation values (approx. 2000 ps/nm) that based on a calculated or estimated accumulated residual dispersion (approx. 800 ps/nm) is determined for under compensation distributed at least almost equally (e.g. for the top line in Figure 2 approximately $300 = 2600 - 2300$ ps/nm in the first length section) of the fibre dispersion of the fixed number of optical fibre length sections.

Due to the vague wording ("virtually ...") and because Claim 1 does not reproduce the difference between Figure 2 of the present application and Figure 2 of D1 (i.e. between under compensation of the fibre dispersion after passing through an optical fibre and "over" compensation before passing through the optical fibre, Claim 1 is implicit in D1.

The subject matter of **Claim 1** is thus not novel (PCT Article 33(2)).

b. Dependent **Claims 2 to 5** do not contain any features which, when combined with the features of the independent claim to which they refer, meet the PCT requirements concerning novelty, cf. D1, Figure 1.

2. **Inventive step**

Dependent **Claim 6** does not include any features, with respect to D2 (cf. Claim 1), which when combined with the features of present Claim 1, meet the PCT requirements concerning novelty and inventive step.

RECEIVED

JUN 27 2002

TECHNOLOGY CENTER 2800 :

PATENT COOPERATION TREATY

PCT

NOTIFICATION OF ELECTION

(PCT Rule 61.2)

From the INTERNATIONAL BUREAU

To:

Commissioner
 US Department of Commerce
 United States Patent and Trademark
 Office, PCT
 2011 South Clark Place Room
 CP2/5C24
 Arlington, VA 22202
 ETATS-UNIS D'AMERIQUE
 in its capacity as elected Office

Date of mailing (day/month/year) 16 May 2001 (16.05.01)	
International application No. PCT/DE00/03256	Applicant's or agent's file reference 1999P02872WO
International filing date (day/month/year) 19 September 2000 (19.09.00)	Priority date (day/month/year) 21 September 1999 (21.09.99)
Applicant FÄRBERT, Andreas et al	

1. The designated Office is hereby notified of its election made:

☒ in the demand filed with the International Preliminary Examining Authority on:
 09 March 2001 (09.03.01)

☐ in a notice effecting later election filed with the International Bureau on:

2. The election ☒ was
☐ was not

made before the expiration of 19 months from the priority date or, where Rule 32 applies, within the time limit under Rule 32.2(b).

The International Bureau of WIPO 34, chemin des Colombettes 1211 Geneva 20, Switzerland Facsimile No.: (41-22) 740.14.35	Authorized officer Antonia Muller Telephone No.: (41-22) 338.83.38
--	---

VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS

PCT

REC'D 24 JAN 2002

INTERNATIONALER VORLÄUFIGER PRÜFUNGSBERICHT

PCT

(Artikel 36 und Regel 70 PCT)



Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts 1999P02872WO	WEITERES VORGEHEN siehe Mitteilung über die Übersendung des internationalen vorläufigen Prüfungsberichts (Formblatt PCT/IPEA/416)	
Internationales Aktenzeichen PCT/DE00/03256	Internationales Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr) 19/09/2000	Prioritätsdatum (Tag/Monat/Jahr) 21/09/1999
Internationale Patentklassifikation (IPK) oder nationale Klassifikation und IPK H04B10/18		
Anmelder SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT et al.		

1. Dieser internationale vorläufige Prüfungsbericht wurde von der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde erstellt und wird dem Anmelder gemäß Artikel 36 übermittelt.
2. Dieser BERICHT umfaßt insgesamt 5 Blätter einschließlich dieses Deckblatts.
☒ Außerdem liegen dem Bericht ANLAGEN bei; dabei handelt es sich um Blätter mit Beschreibungen, Ansprüchen und/oder Zeichnungen, die geändert wurden und diesem Bericht zugrunde liegen, und/oder Blätter mit vor dieser Behörde vorgenommenen Berichtigungen (siehe Regel 70.16 und Abschnitt 607 der Verwaltungsrichtlinien zum PCT).

Diese Anlagen umfassen insgesamt 7 Blätter.

3. Dieser Bericht enthält Angaben zu folgenden Punkten:

- I ☒ Grundlage des Berichts
- II ☐ Priorität
- III ☐ Keine Erstellung eines Gutachtens über Neuheit, erfinderische Tätigkeit und gewerbliche Anwendbarkeit
- IV ☐ Mangelnde Einheitlichkeit der Erfindung
- V ☒ Begründete Feststellung nach Artikel 35(2) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung
- VI ☐ Bestimmte angeführte Unterlagen
- VII ☐ Bestimmte Mängel der internationalen Anmeldung
- VIII ☐ Bestimmte Bemerkungen zur internationalen Anmeldung

Datum der Einreichung des Antrags 09/03/2001	Datum der Fertigstellung dieses Berichts 21.01.2002
Name und Postanschrift der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde:  Europäisches Patentamt D-80298 München Tel. +49 89 2399 - 0 Tx: 523656 epmu d Fax: +49 89 2399 - 4465	Bevollmächtigter Bediensteter Sinapius, G Tel. Nr. +49 89 2399 8170 

I. Grundlag des Berichts

1. Hinsichtlich der **B standt** ile der internationalen Anmeldung (*Ersatzblätter, die dem Anmeldeamt auf eine Aufforderung nach Artikel 14 hin vorgelegt wurden, gelten im Rahmen dieses Berichts als "ursprünglich eingereicht" und sind ihm nicht beigelegt, weil sie keine Änderungen enthalten (Regeln 70.16 und 70.17)*):
Beschreibung, Seiten:

6-13 ursprüngliche Fassung

1-5 eingegangen am 22/10/2001 mit Schreiben vom 19/10/2001

Patentansprüche, Nr.:

1-6 eingegangen am 22/10/2001 mit Schreiben vom 19/10/2001

Zeichnungen, Blätter:

1/3-3/3 ursprüngliche Fassung

2. Hinsichtlich der **Sprache**: Alle vorstehend genannten Bestandteile standen der Behörde in der Sprache, in der die internationale Anmeldung eingereicht worden ist, zur Verfügung oder wurden in dieser eingereicht, sofern unter diesem Punkt nichts anderes angegeben ist.

Die Bestandteile standen der Behörde in der Sprache: zur Verfügung bzw. wurden in dieser Sprache eingereicht; dabei handelt es sich um

- ☐ die Sprache der Übersetzung, die für die Zwecke der internationalen Recherche eingereicht worden ist (nach Regel 23.1(b)).
- ☐ die Veröffentlichungssprache der internationalen Anmeldung (nach Regel 48.3(b)).
- ☐ die Sprache der Übersetzung, die für die Zwecke der internationalen vorläufigen Prüfung eingereicht worden ist (nach Regel 55.2 und/oder 55.3).

3. Hinsichtlich der in der internationalen Anmeldung offenbarten **Nucleotid- und/oder Aminosäuresequenz** ist die internationale vorläufige Prüfung auf der Grundlage des Sequenzprotokolls durchgeführt worden, das:

- ☐ in der internationalen Anmeldung in schriftlicher Form enthalten ist.
- ☐ zusammen mit der internationalen Anmeldung in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.
- ☐ bei der Behörde nachträglich in schriftlicher Form eingereicht worden ist.
- ☐ bei der Behörde nachträglich in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.
- ☐ Die Erklärung, daß das nachträglich eingereichte schriftliche Sequenzprotokoll nicht über den Offenbarungsgehalt der internationalen Anmeldung im Anmeldezeitpunkt hinausgeht, wurde vorgelegt.
- ☐ Die Erklärung, daß die in computerlesbarer Form erfassten Informationen dem schriftlichen Sequenzprotokoll entsprechen, wurde vorgelegt.

4. Aufgrund der Änderungen sind folgende Unterlagen fortgefallen:

- | | | |
|---|---------|---------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> Beschreibung, | Seiten: | 5 (teilweise) |
| <input checked="" type="checkbox"/> Ansprüche, | Nr.: | 7 |
| <input type="checkbox"/> Zeichnungen, | Blatt: | |

5. ☐ Dieser Bericht ist ohne Berücksichtigung (von einigen) der Änderungen erstellt worden, da diese aus den angegebenen Gründen nach Auffassung der Behörde über den Offenbarungsgehalt in der ursprünglich eingereichten Fassung hinausgehen (Regel 70.2(c)).

(Auf Ersatzblätter, die solche Änderungen enthalten, ist unter Punkt 1 hinzuweisen; sie sind diesem Bericht beizufügen).

6. Etwaige zusätzliche Bemerkungen:
siehe Beiblatt

V. Begründete Feststellung nach Artikel 35(2) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung

1. Feststellung

Neuheit (N)	Ja: Ansprüche	6
	Nein: Ansprüche	1-5
Erfinderische Tätigkeit (ET)	Ja: Ansprüche	
	Nein: Ansprüche	6
Gewerbliche Anwendbarkeit (GA)	Ja: Ansprüche	1-6
	Nein: Ansprüche	

2. Unterlagen und Erklärungen
siehe Beiblatt

Es wird auf die folgenden Dokumente verwiesen:

D1: BIGO S ET AL: '320-GB/S (32 X 10 GB/S WDM) TRANSMISSION OVER 500 KM OF CONVENTIONAL SINGLE-MODE FIBER WITH 125-KM AMPLIFIER SPACING' IEEE PHOTONICS TECHNOLOGY LETTERS,US,IEEE INC. NEW YORK, Bd. 10, Nr. 7, 1. Juli 1998 (1998-07-01), Seiten 1045-1047, ISSN: 1041-1135

D2: FR-A-2 766 998

Zu Punkt I

Grundlage des Bescheides

Anspruch 1 basiert auf den ursprünglichen Ansprüchen 1 und 4 sowie Seite 7, Zeilen 2-6; Seite 10, Zeilen 19-34; Seite 3, Zeilen 25-35 und Fig. 2. **Anspruch 2-6** basieren auf den ursprünglichen Ansprüchen 3 und 5-7.

Zu Punkt V

Begründete Feststellung hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung

1. Neuheit:

a. Das Dokument D1 (vgl. insbesondere Seite 1045, linke Spalte, Absatz 1 - Seite 1046, linke Spalte Absatz 2 und Fig. 1 und 2), das als nächstliegender Stand der Technik für den Gegenstand des unabhängigen **Anspruchs 1** angesehen wird, offenbart

ein optischer Übertragungssystem bestehend aus einer festgelegten Anzahl (4) von nahezu dieselbe Länge (etwa 125 km) aufweisenden optischen Faserstreckenabschnitten (DCF, SMF) mit jeweils einer optischen Faser (SMF) und einer Dispersionskompensationseinheit (DCF), wobei die Dispersionskompensationseinheiten (DCF) nahezu gleiche Kompensationswerte (ca. - 2000 ps/nm) aufweisen, die ausgehend von einer berechneten oder geschätzten akkumulierten Restdispersion (ca. 800

ps/nm) für eine zumindest nahezu gleichmäßig verteilte Unterkompensation (z.B. für die obere Linie in Fig. 2 etwa $300 = 2600 - 2300$ ps/nm im ersten Streckenabschnitt) der Faserdispersion der festgelegten Anzahl von optischen Faserstreckenabschnitten bestimmt ist.

Wegen der vagen Formulierungen ("nahezu ...") und weil Anspruch 1 den Unterschied zwischen Fig. 2 der vorliegenden Anmeldung und Fig. 2 aus D1 (d.h. zwischen einer Unterkompensation der Faserdispersion nach Durchlaufen einer optischen Faser und einer "Über"kompensation vor Durchlaufen der optischen Faser) nicht wiedergibt, liest sich Anspruch 1 auf D1.

Der Gegenstand des **Anspruchs 1** ist somit nicht neu (Artikel 33 (2) PCT).

b. Die abhängigen **Ansprüche 2-5** enthalten keine Merkmale, die in Kombination mit den Merkmalen des unabhängigen Anspruchs, auf den sie sich beziehen, die Erfordernisse des PCT in Bezug auf Neuheit erfüllen, vgl. D1 Fig. 1.

2. Erfinderische Tätigkeit:

Der abhängige **Anspruch 6** enthält im Hinblick auf D2 (vgl. Anspruch 1) keine Merkmale, die in Kombination mit den Merkmalen des vorliegenden Anspruchs 1, die Erfordernisse des PCT in Bezug auf erfinderische Tätigkeit erfüllen.

Beschreibung

Optisches Übertragungssystem

- 5 Die Erfindung betrifft ein optisches Übertragungssystem bestehend aus **einer festgelegten Anzahl von nahezu dieselbe Länge aufweisenden** optischen Faserstreckenabschnitten mit jeweils einer optischen Faser und einer Dispersionskompensationseinheit.
- 10 Bei allen optischen Übertragungssystemen mit hohen Datendurchsatzraten, so auch bei nach dem WDM-Prinzip (Wavelength Division Multiplexing) arbeitenden Übertragungssystemen, werden durch die bei der Übertragung von optischen Signalen über
- 15 optische Fasern auftretende chromatische Dispersion und die Selbstphasenmodulation (SPM) Verzerrungen in dem zu Übertragenden, optischen Datensignal hervorgerufen - siehe hierzu Grau und Freude: "Optische Nachrichtentechnik - Eine Einführung", Springer-Verlag, 3. Auflage, 1991, S.120-126.
- 20 Derartige Verzerrungen des zu Übertragenden, optischen Datensignals sind unter anderem abhängig von der Eingangsleistung des optischen Datensignals. Desweiteren wird durch derartige Verzerrungen die regenerationsfreie Übertragungsreichweite
- 25 eines optischen Übertragungssystems bestimmt, d.h. die optische Übertragungsstrecke über die ein optisches Datensignal übertragen werden kann, ohne daß eine Regeneration bzw. "3R-Regeneration" (elektronische Datenregeneration hinsichtlich der Amplitude, Flanke und des Taktes eines optisch übermittelten, digitalen Datensignals bzw. Datenstromes) durchgeführt werden muß.
- 30 Um derartige Verzerrungen des optischen Datensignals zu kompensieren, werden bei der Übertragung von optischen Signalen über optische Standard-Monomodenfasern geeignete Dispersionskompensationseinheiten vorgesehen bzw. ein an die optische Übertragungsstrecke angepaßtes Dispersionsmanagement einge-
- 35

setzt. Hierzu sind derartige optische Übertragungssysteme überwiegend in mehrere optische Faserstreckenabschnitte unterteilt, in denen die jeweils in dem betrachteten optischen Faserstreckenabschnitt hervorgerufene Faserdispersion mit Hilfe einer Dispersionskompensationseinheit komplett oder teilweise kompensiert wird.

Derartige Dispersionskompensationseinheiten sind beispielsweise als optische Spezialfasern ausgestaltet, bei denen durch eine spezielle Wahl des Brechzahlindexprofils im Faserkern und den umliegenden Mantelschichten der optischen Faser die Dispersion bzw. Faserdispersion, insbesondere im 1550 nm Fenster sehr hohe negative Werte annimmt. Mit Hilfe der durch die dispersionskompensierende Faser hervorgerufenen, hohen negativen Dispersionswerte können die durch die optischen Übertragungsfasern erzeugten Dispersionsbeiträge effektiv kompensiert werden. Zusätzlich ist die maximale Anzahl von optischen Faserstreckenabschnitten bzw. die regenerationsfreie Reichweite des optischen Übertragungssystems durch das Augen-
diagramm ("eye-opening") des am Ausgang des jeweiligen optischen Faserstreckenabschnitts anliegenden optischen Datensignals bestimmt. Hierdurch ergibt sich eine maximale Reichweite für eine regenerationsfreie Übertragung eines optischen Datensignals, die zusätzlich durch das optische Signal-Rausch-Verhältnisses des Übertragungsmediums bestimmt ist.

In bislang realisierten optischen Übertragungssystemen werden hierzu unterschiedliche Dispersionsmanagementkonzepte verfolgt, wobei die optimale Dispersionskompensation einer optischen Übertragungsstrecke durch Verwendung von vor- und/oder nachkompensierten bzw. unterschiedlich über- oder unterkompensierten optischen Faserstreckenabschnitten durchgeführt wird. Abhängig von der Faserdispersion kann damit eine bestimmte Entfernung regenerationsfrei übertragen werden.

35

Hierzu ist aus DER FERMELDE-INGENIEUR:

"Wellenlängenmultiplextechnik in zukünftigen photonischen

- Netzen", A. Ehrhardt et. al., 53. Jahrgang, Heft 5 und 6, Mai/Juni 1999, S. 18-24 bekannt, daß das Systemoptimum zur Dispersionskompensation eines optischen Übertragungssystems bei einer Dispersionskompensation von unter 100 % erreicht werden kann. Desweiteren geht aus der obengenannten Druckschrift hervor, daß die chromatische Faserdispersion zu einem bestimmten Teil durch Fasernichtlinearitäten selbst kompensiert werden kann.
- 10 Außerdem ist aus der Veröffentlichung „320-Gb/s (32*10 Gb/s WDM) Transmission Over 500 km of Conventional Single-Mode Fiber with 125-km Amplifier Spacing" von Bigo et. al., IEEE Photonics Technology Letters, Vol. 10, No. 7, Juli 1998 ein optisches Übertragungssystem bekannt, daß aus mehreren optischen, nahezu dieselbe Länge aufweisenden Faserstreckenabschnitten mit jeweils einer optischen Faser (SMF) und einer dispersionskompensierenden Faser (DCF) besteht. Zur Erhöhung der Übertragungsreichweite von 32 optischen 10 Gb/s-Signalen wird eine gezielte Dispersionsüberkompensation am Anfang der optischen Übertragungsstrecke sowie jeweils eine Dispersionsüberkompensation am Ende jeweils eines optischen Faserstreckenabschnitts mit Hilfe von dispersionskompensierenden Fasern durchgeführt.
- 25 Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht also darin, ein optisches Übertragungssystem der eingangs erwähnten Art derart auszugestalten, daß die Dispersionskompensation verbessert wird und/oder die durch die Signalverzerrungen reduzierte, regenerationsfrei überbrückbare Übertragungsreichweite erhöht wird. Die Aufgabe wird ausgehend von den im Oberbegriff von Patentanspruch 1 angegebenen Merkmalen durch dessen kennzeichnende Merkmale gelöst.
- 35 Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch ein optisches Übertragungssystem gelöst, bei dem die Dispersionskompensationsinhalten nahezu gleich Kompensationswert aufweisen, die ausgehend von in der Berechnung oder geschätzten akkumulierten

Rest-Dispersion für die zumindest nahezu gleichmäßig verteilte Unterkompensation der Faserrdispersion der festgelegten Anzahl von Faserrstreckenabschnitten bestimmt sind. Vorteilhaft wird durch das erfindungsgemäße nahezu gleichmäßig verteilte Unterkompensieren über die einzelnen optischen Faserstreckenabschnitte im Vergleich zu bisherigen Systemen mit Vollkompensation eine nahezu Verdopplung der regenerationsfrei überbrückbaren Übertragungsreichweite ermöglicht, d.h. in den jeweiligen Faserstreckenabschnitten wird soweit unterkompensiert bis die verbleibende Rest-Dispersion einem Vielfachen des erfindungsgemäßen Dispersionsbetrags entspricht, wobei die Rest-Dispersion entlang der optischen Übertragungsstrecke pro Faserstreckenabschnitt jeweils um den Dispersionsbetrag zunimmt.

Nach einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung weist das optische Übertragungssystem eine durch Fasernichtlinearitäten und die Faserdispersion hervorgerufene, akkumulierte Rest-Dispersion auf, die mit zunehmender Datenrate nahezu linear abnimmt — ~~Anspruch 2~~. Der nichtlineare Effekt Selbstphasenmodulation und die Group Velocity Dispersion (GVD) sind die Ursache für die akkumulierte Rest-Dispersion am Ende des letzten Faserstreckenabschnitts der optischen Übertragungsstrecke. Sie sind bei vollkompensierten Faserstreckenabschnitten nahezu unabhängig von der Eingangsleistung des optischen Datensignals und beeinflussen sich gegenseitig, d.h. die Selbstphasenmodulation kann eine dispersionskompensierende Wirkung aufweisen. Desweiteren nimmt mit zunehmender Datenrate die Group Velocity Dispersion in den optischen Fasern zu, während die Selbstphasenmodulation nahezu unverändert bleibt. Somit trägt die Selbstphasenmodulation (SPM) im optischen Übertragungssystem zur Dispersionskompensation bei, wobei die dispersionskompensierende Wirkung der Selbstphasenmodulation (SPM) mit zunehmender Datenrate hinsichtlich der Group Velocity Dispersion geringer wird, d.h. die akkumulierte Rest-Dispersion nimmt ab mit zunehmender Datenrate.

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung sind die Dispersionskompensationseinheiten zur Kompensation der Faserdispersion von allen optischen Faserstreckenabschnitten vorgesehen - Anspruch 2. Nimmt auf vorteilhafte Weise in allen Faserstreckenabschnitten des optischen Übertragungssystems die Rest-Dispersion jeweils zumindest nahezu gleichmäßig um denselben Dispersionsbeitrag zu, so kann die maximale regenerationsfrei überbrückbare Übertragungsreichweite realisiert werden.

10

Vorteilhaft weisen alle optischen Faserstreckenabschnitte des optischen Übertragungssystems nahezu dieselbe Länge auf ~~—Anspruch 4~~, wobei zusätzlich die optischen Fasern der Faserstreckenabschnitte eine Mindestlänge von 20 Kilometern aufweisen - **Anspruch 5**. Bei einer Mindestlänge von ca. 20 Kilometern besitzen die durch die Faserdispersion und die Faser-nichtlinearitäten hervorgerufenen Signalverzerrungen nahezu den Maximalwert. Durch die Aufteilung des optischen Übertragungssystems in nahezu gleich lange optische Faserstreckenabschnitte, deren Anzahl durch die regenerationsfrei zu überbrückende optische Übertragungsstrecke und der akkumulierten Rest-Dispersion bestimmt wird, kann durch eine einfache modulare Bauweise ein hinsichtlich der Dispersionskompensation und der regenerationsfrei überbrückbaren Übertragungsreichweite optimiertes optisches Übertragungssystem realisiert werden. Insbesondere kann durch den dadurch bedingten symmetrischen Aufbau das optische Übertragungssystem besonders vorteilhaft **eine bidirektionale Datenübertragung über die Faserstreckenabschnitte realisiert werden - Anspruch 6.**

30

Vorteilhafte Weiterbildungen und Ausbildungen des erfindungsgemäßen optischen Übertragungssystems sind in den weiteren Patentansprüchen beschrieben.

Patentansprüche

1. Optisches Übertragungssystem (OTS) bestehend aus **einer**
 5 **festgelegten Anzahl (N) von nahezu dieselbe Länge**
aufweisenden optischen Faserstreckenabschnitten (FDS_1 bis FDS_4) mit jeweils einer optischen Faser ($SSMF_1$ bis $SSMF_4$) und
 einer Dispersionskompensationseinheit (DCF_1 bis DCF_4),
 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
 10 daß die Dispersionskompensationseinheiten (DCF_1 bis DCF_4)
 nahezu gleiche Kompensationswerte aufweisen, die ausgehend
 von **einer berechneten oder geschätzten akkumulierten Rest-**
Dispersion (D_{akk}) für eine **zumindest nahezu gleichmäßig**
verteilte Unterkompensation der Faserdispersion (d) der
 15 festgelegten Anzahl (N) von optischen Faserstreckenabschnitten
 (FDS_1 bis FDS_4) bestimmt sind.
2. Optisches Übertragungssystem nach Anspruch 1,
 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
 20 daß die Dispersionskompensationseinheiten (DCF_1 bis DCF_4) zur
 Kompensation der Faserdispersion (d) von allen optischen
 Faserstreckenabschnitten (FDS_1 bis FDS_4) vorgesehen sind.
3. Optisches Übertragungssystem nach einem der Ansprüche 1
 25 oder 2,
 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
 daß ein eine optische Faser ($SSMF_1$) und eine
 Dispersionskompensationseinheit (DCF_1) aufweisender
 Faserstreckenabschnitt (FDS_1) ein optisches Übertragungsmodul
 30 (M) realisiert.
4. Optisches Übertragungssystem nach Anspruch 3,
 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
 daß das optische Übertragungssystem (OTS) aus mehreren in
 35 Serie angeordneten optischen Übertragungsmodulen (M) gebildet
 wird.

5. Optisches Übertragungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 4,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

daß die optischen Fasern (SSMF) der Faserstreckenabschnitte

5 (FDS) eine Mindestlänge von 20 Kilometern aufweisen.

6. Optisches Übertragungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 5,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

10 daß eine bidirektionale Datenübertragung über die

Faserstreckenabschnitte (FDS₁ bis FDS₄) realisierbar ist.

**VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT
AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS**

PCT

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

(Artikel 18 sowie Regeln 43 und 44 PCT)

Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts 1999P02872W0	WEITERES VORGEHEN siehe Mitteilung über die Übermittlung des internationalen Recherchenberichts (Formblatt PCT/ISA/220) sowie, soweit zutreffend, nachstehender Punkt 5	
Internationales Aktenzeichen PCT/DE 00/ 03256	Internationales Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr) 19/09/2000	(Frühestes) Prioritätsdatum (Tag/Monat/Jahr) 21/09/1999
Anmelder SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT et al.		

Dieser internationale Recherchenbericht wurde von der Internationalen Recherchenbehörde erstellt und wird dem Anmelder gemäß Artikel 18 übermittelt. Eine Kopie wird dem Internationalen Büro übermittelt.

Dieser internationale Recherchenbericht umfaßt insgesamt 2 Blätter.

☒ Darüber hinaus liegt ihm jeweils eine Kopie der in diesem Bericht genannten Unterlagen zum Stand der Technik bei.

1. Grundlage des Berichts

- a. Hinsichtlich der **Sprache** ist die internationale Recherche auf der Grundlage der internationalen Anmeldung in der Sprache durchgeführt worden, in der sie eingereicht wurde, sofern unter diesem Punkt nichts anderes angegeben ist.

☐ Die internationale Recherche ist auf der Grundlage einer bei der Behörde eingereichten Übersetzung der internationalen Anmeldung (Regel 23.1 b)) durchgeführt worden.

- b. Hinsichtlich der in der internationalen Anmeldung offenbaren **Nucleotid- und/oder Aminosäuresequenz** ist die internationale Recherche auf der Grundlage des Sequenzprotokolls durchgeführt worden, das

☐ in der internationalen Anmeldung in schriftlicher Form enthalten ist.

☐ zusammen mit der internationalen Anmeldung in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.

☐ bei der Behörde nachträglich in schriftlicher Form eingereicht worden ist.

☐ bei der Behörde nachträglich in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.

☐ Die Erklärung, daß das nachträglich eingereichte schriftliche Sequenzprotokoll nicht über den Offenbarungsgehalt der internationalen Anmeldung im Anmeldezeitpunkt hinausgeht, wurde vorgelegt.

☐ Die Erklärung, daß die in computerlesbarer Form erfaßten Informationen dem schriftlichen Sequenzprotokoll entsprechen, wurde vorgelegt.

2. ☐ Bestimmte Ansprüche haben sich als nicht recherchierbar erwiesen (siehe Feld I).

3. ☐ Mangelnde Einheitlichkeit der Erfindung (siehe Feld II).

4. Hinsichtlich der Bezeichnung der Erfindung

☐ wird der vom Anmelder eingereichte Wortlaut genehmigt.

☒ wurde der Wortlaut von der Behörde wie folgt festgesetzt:

OPTISCHES ÜBERTRAGUNGSSYSTEM MIT DISPERSIONSKOMPENSATIONSEINHEITEN

5. Hinsichtlich der Zusammenfassung

☒ wird der vom Anmelder eingereichte Wortlaut genehmigt.

☐ wurde der Wortlaut nach Regel 38.2b) in der in Feld III angegebenen Fassung von der Behörde festgesetzt. Der Anmelder kann der Behörde innerhalb eines Monats nach dem Datum der Absendung dieses internationalen Recherchenberichts eine Stellungnahme vorlegen.

6. Folgende Abbildung der **Zeichnungen** ist mit der Zusammenfassung zu veröffentlichen: Abb. Nr. 1

☐ wie vom Anmelder vorgeschlagen

☐ keine der Abb.

☐ weil der Anmelder selbst keine Abbildung vorgeschlagen hat.

☒ weil diese Abbildung die Erfindung besser kennzeichnet.

A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES IPK 7 H04B10/18		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) IPK 7 H04B		
Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal, WPI Data, PAJ		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	BIGO S ET AL: "320-GB/S (32 X 10 GB/S WDM) TRANSMISSION OVER 500 KM OF CONVENTIONAL SINGLE-MODE FIBER WITH 125-KM AMPLIFIER SPACING" IEEE PHOTONICS TECHNOLOGY LETTERS, US, IEEE INC. NEW YORK, Bd. 10, Nr. 7, 1. Juli 1998 (1998-07-01), Seiten 1045-1047, XP000771749 ISSN: 1041-1135	1, 3-7
Y	Seite 1045, linke Spalte, Absätze 1,2	8
A	Seite 1045, rechte Spalte, Absatz 2 Seite 1046, linke Spalte, Absatz 2 Abbildungen 1,2	2
Y	FR 2 766 998 A (KOKUSAI DENSHIN DENWA CO LTD) 5. Februar 1999 (1999-02-05) Anspruch 1	8
<input type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : *A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist *E* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist *L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) *O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht *P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist *T* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist *X* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden *Y* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist *Z* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche 17. Januar 2001		Absenddatum des internationalen Recherchenberichts 24/01/2001
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Carrasco Comes, N

Information on patent family members

PCT/DE 00/03256

Form PCT/ISA/210 (patent family annex) (July 1992)

